

Toni Sorsa

# Toimintamalli kiinteistön energiatehokkuuden optimointiin

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikka

Insinöörityö

18.5.2017

Tekijä Otsikko	Toni Sorsa Toimintamalli kiinteistön energiatehokkuuden optimointiin
Sivumäärä Aika	24 sivua + 2 liitettä 18.4.2017
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	talotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	LVI-tuotantopainotteinen
Ohjaajat	TATE projektipäällikkö Timppa Seppälä yliopettaja Lauri Heikkinen
<p>Tämän opinnäytetyön aiheena oli laatia toimintamalli kiinteistöjen energiatehokkuuden optimointiin. Toimintamallin avulla on tarkoitus katselmoida kiinteistöjen energiatehokkuutta. Toimintamalli käsittää kaksi eri osakokonaisuutta, joista toinen on tämä opinnäytetyö. Tarkoituksena oli koota aineistoa kiinteistöjen potentiaalisista energiansäästö kohteista ja niiden teoriasta.</p> <p>Toinen osuus on laskentapohja, jonka avulla voidaan laskea kiinteistön potentiaalisista energiansäästökohteista saatava taloudellinen säästö. Opinnäytetyön teoria osuudessa käsitellään energiansäästöön ohjaavia intressejä sekä kiinteistön energiatehokkuuteen vaikuttavia tekijöitä. Lisäksi käsitellään laskentapohjan teoria ja taustat.</p> <p>Laskentapohjan tuottaa karkean tason laskentatietoa kiinteistön energiatehokkuudesta. Tuotetun laskelman avulla voidaan perustellusti lähteä tuottamaan tarkempia laskelmia. Tehdyt karkeantason laskelmat toimivat tilaajalle hankkeissa hankintapäätöksen tukena. Tehtävien laskelmien avulla on tarkoitus saada ohjattua kiinteistön teknisiä ratkaisuja energiatehokkaammiksi.</p>	
Avainsanat	energiatehokkuus, optimointi, laskentamalli

Author Title	Toni Sorsa Creating a building energy optimization operating model
Number of Pages Date	24 pages + 2 appendices 18 April 2017
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building Services engineering
Specialisation option	HVAC Engineerig, Production Orientation
Instructors	Timppa Seppälä, HVAC Project Manager Lauri Heikkinen, Principal Lecturer
<p>The purpose of this thesis was to create an operating model for real estate energy efficiency optimization. The operating model is meant to be used to estimate the energy efficiency of a real estate. The operating model contains two parts. The first one is this thesis and the second one is a calculation model. The intention of this thesis was to gather data about potential energy savings of real estates, as well as theory to support the savings.</p> <p>The source material for the thesis included theory about interests that affect energy savings and factors that affect real estate energy efficiency. In addition, the thesis collected facts about and background information of the operating model. The calculation model can be used to calculate the financial savings that can be gained through the potential energy savings.</p> <p>The operation model produces a rough estimate calculation about real estate energy efficiency. With the estimation, more precise calculations can be carried out. They will support the client in making a buying decision. With this kind of calculations, technical solutions for real estate can be made more energy efficient.</p>	
Keywords	optimization, energy, energy simulation

## Sisällys

1	Johdanto	3
1.1	Insinööriyön tausta ja tavoitteet	3
1.2	Insinööriyön tilaajan esittely	4
2	Kiinteistöjen ostoenergiankulutus ja siihen vaikuttavat tekijät	5
2.1	Kiinteistön maantieteellinen ja paikallinen sijainti	5
2.2	Kiinteistön muoto ja koko	6
2.3	Kiinteistön rakennustekniset ominaisuudet	6
2.4	Kiinteistön käyttäjät	6
3	Kiinteistöjen energiatehokkuuden optimointi	7
3.1	Kiinteistöjen energiatehokkuuden optimoinnin keinot	7
3.2	Energiatehokkuuden parantamista ohjaava lainsäädäntö muutos- ja korjaushankkeissa	7
3.3	Muut kiinteistön taloteknisen energiatehokkuuden optimointiin ohjaavat intressit	8
3.4	Kiinteistön energiatehokkuuden vaikutus kiinteistön tunnuslukuihin	9
3.4.1	Optimoinnin vaikutukset kiinteistöjen vuokratuottoihin	9
3.4.2	Optimoinnin vaikutukset kiinteistöjen arvonkehitykseen	9
4	Potentiaaliset energiatehokkuuden optimointi kohteet kiinteistöjen talotekniikassa	9
4.1	Optimointien laskennallinen tarkastelu	9
4.2	Kiinteistön käyttövesijärjestelmät	10
4.3	Kiinteistön ilmanvaihtojärjestelmät ja niiden osat	10
4.3.1	Ilmanvaihdon lämpötila-asetuksen muutos	10
4.3.2	Ilmanvaihdon käyntiaikamuutos	11
4.3.3	Lämmöntalteenoton lisääminen ilmanvaihtojärjestelmään	12
4.4	Vedenjäähdytyskoneen korvaaminen kaukojäähdytyksellä	13
4.5	Vapaajäähdytyksen lisääminen kiinteistöön	14
4.6	Kiinteistön pumppujen energiatehokkuuden parantaminen	15
5	Kiinteistön valaistusjärjestelmät	16

5.1	Valaistuksen energiakustannuksien laskenta	17
5.2	Valaistuksen käyttöajan muutos	18
5.3	Valaistustehon muutos	19
6	Huollon ja kunnossapidon vaikutus kiinteistön energiankulutukseen	20
7	Laskentapohjan laadinta	21
8	Yhteenveto	22
	Lähteet	24
	Liitteet	
	Liite 1. Laskentamallin lähtötiedot	
	Liite 2. Laskentamallin laskentasivu	

# 1 Johdanto

## 1.1 Insinööriyön tausta ja tavoitteet

Kiinteistöjen energiakustannukset ovat iso osa kiinteistöjen kokonaistaloutta. Taloteknis-  
ten järjestelmien energiatehokkuuden kehittyessä sekä kiinteistöjen energiatehokkuu-  
den parantamista ohjaavan lainsäädännön tiukentuessa, ohjataan kiinteistöjen omistajia  
tarkastelemaan kiinteistöjen energiatehokkuutta. Samalla kiinteistökannan vanhenemi-  
nen ja kuluminen sekä kunnossapidon ja korjaustoiminnan puutteet luovat lisähaasteen  
kiinteistöjen ylläpidolle ja kehittämiselle. Energiatehokkuus on nykypäivänä monelle yri-  
tykselle osa heidän yrityspolitiikkaansa sekä yritysvastuuta.

Tässä opinnäytetyössä käsitellään kiinteistöjen energiatehokkuuden kehittämistä talo-  
teknisestä näkökulmasta, ilman että kiinteistön sisäilmaolosuhteet kärsivät. Tarkoituk-  
sena on tutkia ja kartoittaa potentiaalisia energiansäästökohteita Opinnäytetyön tavoit-  
teena on laatia Jones Lang LaSalle Finland Oy:lle kiinteistöjen energiatehokkuuden ke-  
hittämiseen toimintamalli ja ohjeistus. Toimintamallin avulla on tarkoitus pystyä tuotta-  
maan helposti dokumentaatiota kiinteistöjen energiatehokkuudesta. Toimintamalli toimii  
yrityksen käytössä muistilistana energiatehokkuutta tarkastellessa, sen avulla pystytään  
esittämään kiinteistön omistajalle kiinteistön mahdolliset talotekniset potentiaaliset ener-  
gian säästökohteet.

Opinnäytetyö koostuu kahdesta osakokonaisuudesta, joista ensimmäinen osakokonai-  
suus on tämä opinnäytetyö ja toinen osakokonaisuus on yrityksen käyttöön laadittava  
excel-tilukkolaskentaohjelma energiatehokkuuden optimoimisesta sekä muistilista.

Laaditun kartoituksen avulla on tarkoitus laatia kiinteistön omistajalle toimenpide-ehdo-  
tus potentiaalisista energiansäästö kohteista. Toimenpide-ehdotuksessa esitetään kiin-

teistön energian säästöä edistävät toimenpiteet ja niiden karkeat kustannusarviot. Tarkoituksena on, että laaditun dokumentaation avulla kiinteistön omistajan käsitys kiinteistön nykytilanteesta laajenee. Lisäksi laadittava dokumentaatio edesauttaa kiinteistön omistajan päätöstä lähteä tutkimaan tarkemmin esitettyjen energiansäästökohteiden toteutusta ja kannattavuutta. Laadittu dokumentaatio toimii kiinteistön omistajalle hankintapäätöksen tukena.

## 1.2 Insinööritöiden tilaajan esittely

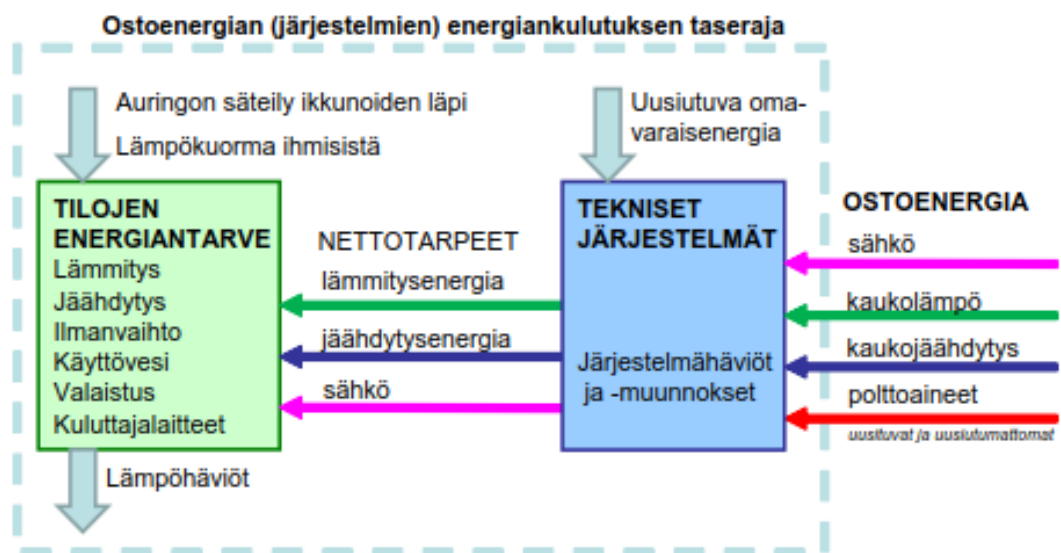
Opinnäytetyön tilaajana toimi Jones Lang LaSalle Finland Oy, lyhyemmin ilmaistuna JLL. JLL on kansainvälinen toimitilojen asiantuntijayritys. Vuoden 2016 liikevaihto oli 6,8 miljardia ja yritys työllistää 77 000 työntekijää 80 eri maassa. Suomessa yrityksellä on työntekijöitä noin 90 henkeä.

Yrityksen palveluihin kuuluvat

- kiinteistökauppa
- kiinteistöjen vuokraus ja vuokralaisedustaminen
- kiinteistöjen arviointi
- liikekiinteistöjen kehittäminen
- suunnittelu- ja rakennuttamispalvelut
- ympäristöpalvelut

## 2 Kiinteistöjen ostoenergiankulutus ja siihen vaikuttavat tekijät

Kiinteistöjen ostoenergian kulutus muodostuu lämmitys-, ilmanvaihto-, jäähdytysjärjestelmien sekä käyttäjän laitteiden ja valaistuksen energian kulutuksesta (kuva 1). Kiinteistöjen taloteknisten järjestelmien energiatehokkuuden optimoinnilla pyritään pienentämään kiinteistön ostoenergian kulutusta. [9] Energiaa säästävän rakentamisen toteutuskustannukset ovat yleensä alle 5 % suuremmat ja elinkaarikustannusten arvioidaan olevan 10 – 30 % pienemmät kuin tavanomaisten kiinteistöjen. [11]



Kuva 1. Ostoenergiankulutuksen taseraja [9, s.6]

### 2.1 Kiinteistön maantieteellinen ja paikallinen sijainti

Kiinteistön sijoittelulla on vaikutusta energiankulutukseen. Kiinteistö, joka sijaitsee maantieteellisesti kylmemmällä vyöhykkeellä kuluttaa luonnollisesti enemmän. Kuitenkin kiin-



teistön paikallisella sijoituksella on myös suuria vaikutuksia kiinteistön energiankulutukseen. Kiinteistö tulisi pyrkiä sijoittamaan mahdollisimman aurinkoiseen paikkaan ja se tulisi suojata mahdollisimman hyvin tuulelta. Kiinteistö voidaan suojata tuulelta hyödyntämällä esimerkiksi puustoa, maaston muotoja ja toisia kiinteistöjä. [6]

## 2.2 Kiinteistön muoto ja koko

Kiinteistön koko ja sen muoto vaikuttavat tiettyyn pisteeseen asti kiinteistön energiankulutuksessa. Kiinteistön koon kasvaessa sen lämmitysenergian kulutus hyötyneliöitä kohti laskee, jos kiinteistön muut ominaisuudet pysyvät vakiona. Tämä ominaisuus korostuu esimerkiksi ilmanvaihdon mitoituksessa, koska tilan pinta-alaa voidaan kasvattaa, jos tilan käyttäjien määrä pysyy vakiona. Kiinteistön jäähdytystarvetta voidaan pienentää passiivisilla keinoilla, joita ovat esimerkiksi ikkunoita varjostavat rakenteet. [6; 7.]

## 2.3 Kiinteistön rakennustekniset ominaisuudet

Kiinteistön runkosyvyydellä on vaikutusta vain vähän energiankulutukseen. Käytännössä runkosyvyyden kasvattamisella on vaikutusta vain kiinteistön keskialueen kasvavaan valaistuksen tarpeeseen. Vaipan kautta tapahtuvat energiahäviöt johtuvat pääsääntöisesti vaipan lämmöneristävydestä sekä ilman- ja tuulenpitävyydestä. Hyvin lämpöä eristävät ja tiiviit ikkunat ja ovet edesauttavat pienentämään kiinteistön energiankulutusta. [11]

## 2.4 Kiinteistön käyttäjät

Kiinteistön käyttäjät vaikuttavat omalta osaltaan kiinteistön energiankulutukseen. Asuntorakentamisen puolella tehtyjen vertailevien energiatutkimuksien perusteella on todettu, että asukkaiden kulutustottumuksissa on jopa kaksinkertaisia eroja muuten samanlaisen kiinteistön energiankulutuksessa. Julkisista ja liikekiinteistöistä tehdyssä tutkimuksessa

on ilmennyt, että yleensä 15–30 % kiinteistön energian kulutuksesta on turhaa, joka olisi käyttäjien toimesta poistettavissa. [8]

Tarpeettoman korkea huonelämpötila kasvattaa kiinteistön energiankulutusta siten, että 1 °C:n huonelämpötilan nosto aiheuttaa kiinteistön koko vuoden lämpöenergian kulutuksessa 5 % kasvun. [8]

### **3 Kiinteistöjen energiatehokkuuden optimointi**

#### **3.1 Kiinteistöjen energiatehokkuuden optimoinnin keinot**

Kiinteistöjen energiatehokkuuden optimointi voidaan jakaa karkeasti kahteen eri osa-alueeseen. Osa-alueet ovat rakennustekniset ja talotekniset kehitysmuutokset. Rakennusteknisissä muutoksissa voidaan esimerkiksi optimoida kiinteistön rakenteiden lämmönläpäisykykyä tai rakenteiden tiiveyttä. Talotekniset muutokset voivat olla esimerkiksi ilmanvaihdon toimintaan ja sen raja-arvoihin liittyviä optimointeja. [10] Taloteknisiä optimointeja käsitellään tarkemmin tämän työn kohdassa kuvassa 4.

#### **3.2 Energiatehokkuuden parantamista ohjaava lainsäädäntö muutos- ja korjaushankkeissa**

Kiinteistöjen energiatehokkuuden parantamista ohjaa ympäristöministeriön asetus (4/13) rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä. Asetus edellyttää rakennushankkeeseen ryhtyvää huolehtimaan, että kiinteistön energiatehokkuutta parannetaan, jos se on teknisesti, toiminnallisesti ja taloudellisesti järkevää. Asetus ei edellytä rakenteiden- tai taloteknisten järjestelmien energiatehokkuuden parantamista, jos rakenne tai järjestelmä eivät ole teknisen käyttöikänsä päässä tai siihen ei kohdistu toimenpiteitä tehtävässä korjaus- tai muutostyössä. [1]

### 3.3 Muut kiinteistön taloteknisen energiatehokkuuden optimointiin ohjaavat intressit

Kiinteistöjen taloteknisten järjestelmien saapuessa teknisten käyttöikiensä päähän on syytä tarkastella olemassa olevan talotekniikan energiatehokkuutta. Kiinteistön talotekniikan käyttöikä voidaan todentaa kuntotutkimuksin. Kuntotutkimuksessa on tavoitteena tutkia tarkemmin rakennetta tai järjestelmää. Kuntotutkimukset ovat yleensä rakenteita rikkovia, niissä otetaan näytteitä sekä tehdään mittauksia. Kuntotutkimuksessa on tarkoitus saada selville tutkittavan rakenteen tai järjestelmän ongelmat ja laatia niistä toimenpide-ehdotus. Toimenpide-ehdotus toimii suunnittelun sekä hankinnan lähtötietona. [13]

Samalla kun kiinteistöä saneerataan talotekniikan osalta, voidaan sen energiatehokkuutta kehittää kiinteistössä suunnitteluratkaisuilla. [6.] Jos kiinteistön saneerauksen hankintapäätöksen ohjaavana tekijänä on vain energiansäästö eikä kiinteistössä muutoin olisi tarvetta saneerata järjestelmiä teknisen käyttöikänsä puolesta, korostuu muutostokustannuksien suuruus ja takaisinmaksuajan kesto. Muutostokustannuksien sekä takaisinmaksuajan ollessa liian pitkä voi hankintapäätös jäädä kokonaan tekemättä tai sen laajuutta muutetaan vastaamaan kiinteistölle asetettuja tuottovaatimuksia. Tehtävien muutoksien laajuus voi siis pienentyä, ja samalla niistä saatavat energiansäästöt voivat laskea.

Suomessa rakennuksien energiankulutus Suomen energian kokonaiskulutuksesta on 40 %. [2] Kokonaistaloudellisuus kiinteistöissä muodostuu erinäisistä kulueristä. Kuluerät voidaan jakaa esimerkiksi seuraaviin, kustannukset yhteensä indekseihin, jotka muodostuvat erinäisistä osaindekseistä. [3]

- Palvelukustannukset, jotka käsittää kiinteistön käyttö- ja huoltokustannukset
- Energiakustannukset, jotka käsittävät lämmitys-, sähkö-, käyttövesi- ja jätevesi kustannukset.
- Kiinteistövero, jos kiinteistö sijaitsee omalla tontilla.
- Muut kuluerät, kuten hallinto, jätehuolto, vakuutukset ja muut hoitokulut
- Korjaukset.

### 3.4 Kiinteistön energiatehokkuuden vaikutus kiinteistön tunnuslukuihin

Eko- ja energiatehokkuus on kasvavassa määrin integroitumassa kiinteistöjen liiketoiminnan ohjaavaksi mittariksi energiahintojen nousuennusteiden kasvaessa. Tämä tarkoittaa sitä, että kiinteistöä johdetaan tulevaisuudessa entistä enemmän myös energiatehokkuuden ehdoilla. Kuitenkin on havaittavissa, että kiinteistöjen energiatehokkuutta mittaavista menetelmistä ei ole yhtenäistä käytäntöä. [4]

#### 3.4.1 Optimoinnin vaikutukset kiinteistöjen vuokratuottoihin

Kiinteistöjen vuokratuotot muodostuvat vuokrattavan kiinteistön sijainnin ja käyttöasteen yhteisvaikutuksesta. Lisäksi vuokratuottoihin vaikuttaa kiinteistön vuokralaisten vaihtuvuus. Suomessa tai muualla maailmalla ei ole toistaiseksi voitu todistetusti osoittamaan tai analysoimaan kiinteistön energiatehokkuuden vaikutusta vuokratuottoihin. [4] Kuitenkin voidaan olettaa, että energiatehokkuudella on yrityksille ja heidän brändeilleen kasvavissa määrin merkitystä. [5]

#### 3.4.2 Optimoinnin vaikutukset kiinteistöjen arvonkehitykseen

Toimitilojen vuokrauksessa on usein yleistä, että tiloja peruskorjataan tai muutetaan vastaamaan uuden vuokralaisen tarpeita. Tällöin saatava energiatehokkuuden parantuminen tulee muutoksien oheishyötynä ja samalla nostaa kiinteistön arvoa. [8]

## 4 Potentiaaliset energiatehokkuuden optimointi kohteet kiinteistöjen talotekniikassa

### 4.1 Optimointien laskennallinen tarkastelu

Laskennallisesti esitetty säästövaikutus on esitetty tunnettuun laskentakaavaan perustuen. Laskentakaavat tuottavat saatavan energiansäästön suoraan tai sitten lasketaan energiankulutus ennen ja jälkeen optimoinnin. Esitetyt kaavat antavat karkean tason tietoa siitä, kannattaako muutoksia lähteä suunnittelemaan ja laskemaan tarkemmalla tasolla.

## 4.2 Kiinteistön käyttövesijärjestelmät

Kiinteistöjen veden kulutukseen vaikuttaa vesikalusteiden kunto ja ominaisuudet. Vuotava vesikaluste voi lisätä vedenkulutusta huomattavasti. Nyrkkisääntönä voidaan pitää, että tippa sekunnissa aiheuttaa lähes 10 m<sup>3</sup> vuodessa hukkaan mennyttä vettä. Veden kokonaiskulutus vaikuttaa myös kiinteistön lämmitysenergian kulutukseen. Jos veden kulutus kaksinkertaistuu, kasvaa kiinteistön lämmitysenergian kulutus noin 10–20 %. [8, s. 48]

Kiinteistön veden kulutusta voidaan optimoida asentamalla vettä säästäviä vesipisteitä. Markkinoilla on nykypäivänä vedettömiä pisuaareja. Kiinteistöt, joissa pisuaarien käyttö on aktiivista, voidaan vedettömällä pisuaarilla saavuttaa jopa 100 m<sup>3</sup> veden säästöä vuodessa. [15.]

## 4.3 Kiinteistön ilmanvaihtojärjestelmät ja niiden osat

Kiinteistön ilmanvaihtojärjestelmien potentiaalisia energiansäästökohteita ovat ilmanvaihdon lämpötila-asetusten muutos, käyntiaikamuutos, puhaltimien hyötysuhteen parantaminen, lämmönlähteenoton lisääminen tai parantaminen ja ilmavirtojen tarpeenmukaistaminen. Ilmanvaihtojärjestelmän nuohouksella voidaan aikaan saada jopa -12 %:n säästö kiinteistön ilmanvaihtojärjestelmän energiankulutuksessa. [12.]

### 4.3.1 Ilmanvaihdon lämpötila-asetuksen muutos

Kiinteistön ilmanvaihtojärjestelmän tuloilman lämpötilaa alentamalla voidaan laskea ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarvetta. Tuloilman lämpötilaa ei voida laskea, jos sille ei ole edellytyksiä. Tämä tarkoittaa sitä, että kiinteistön sisäilmaolosuhteet tulevat olla määräystenmukaiset. Tarpeettoman korkea huonelämpötila kasvattaa kiinteistön energiankulutusta siten, että 1 °C:n huonelämpötilan nosto aiheuttaa kiinteistön koko vuoden lämpöenergian kulutuksessa 5 % kasvun.

Saatava energiansäästö voidaan laskea karkealla tasolla esimerkiksi Motivan laatiman ohjeistuksen (kuva 2) mukaan seuraavasti:

**Säästön laskentakaava**

Kulutus ennen (MWh/a) =

ilmavirta x ilman tiheys x ilman ominaislämpökapasiteetti x  
(tuloilman lämpötila - ulkolämpötila) x lämmityskausi x käyntiaika h/vrk x käyntiaikasuhde  
/ 1000

Kulutus jälkeen lasketaan vastaavalla tavalla

Säästö = kulutus ennen - kulutus jälkeen

**Laskennan lähtötiedot**

Ilmavirta	3,0 m <sup>3</sup> /s	
Tuloilman lämpötila	22 °C	
Uusi lämpötila	18 °C	
Ulkolämpötila	0 °C	lämmityskauden keskiarvo
Lämmityskausi	210 vrk	(7kk, 30 vrk/kk)
IV-käyntiaika	10 h/vrk	
Käyntiaikasuhde	0,7	(5 / 7pv viikossa)
Kulutus ennen	119,5 MWh/a	
Kulutus jälkeen	97,8 MWh/a	
Säästö	21,7 MWh/a	

**Raportoitava säästö**

	<b>Lämpö</b>	<b>Polttoaineet</b>	<b>Sähkö</b>
	21,7 MWh/a	0 MWh/a	0 MWh/a
Investointi	euroa		
Toimenpidetyyppi	x ES	MI	YM

Kuva 2. 4A Ilmanvaihdon lämpötila-asetuksen muutos, energiansäästön laskentakaava ja taukukko [8, s. 33]

#### 4.3.2 Ilmanvaihdon käyntiaikamuutos

Ilmanvaihtojärjestelmien käyntiaikoja ohjataan rakennusautomaatiolla. Käyntiaikoja optimoimalla saadaan aikaan energiansäästöä. Käyntiaikoja muuttaessa tulee kuitenkin ottaa huomioon, että ilman täytyy vaihtua määräyksien mukaan myös käyttöajan ulkopuolella.

Saatava energiansäästö voidaan laskea karkealla tasolla esimerkiksi Motivan laatiman ohjeistuksen mukaan. Laskentamallissa lasketaan nykytilanteen sekä uuden käyntiajan mukainen energiankulutus ja tämän jälkeen lasketaan summien erotus. (kuva 3)

**Säästön laskentakaava****Lämpö**

Lämpöenergian kulutus ennen (MWh/a) =

ilmavirta x ilman tiheys x ilman ominaislämpökapasiteetti x

(tuloilman lämpötila - ulkolämpötila) x käyntiaikasuhde x lämmityskausi / 1000

Kulutus jälkeen lasketaan vastaavalla tavalla

Säästö = kulutus ennen - kulutus jälkeen

**Sähkö**

Puhallinmoottorien teho (kW) = (ilmavirta m<sup>3</sup>/s x paineenkorotus Pa) / (puhallinhyötysuhde x 1000),

Sähköenergian säästö (MWh/a) = tulo- ja poisto puhallinmoottorien teho kW x käyntiaikalyhenemä h/vrk x käyntiaikasuhde x 365 vrk/a

**Laskennan lähtötiedot****Lämpö**

Ilmavirta	3 m <sup>3</sup> /s	
Tuloilman lämpötila	20 °C	
Ulkolämpötila	0 °C	lämmityskauden keskiarvo (7 kk, 30 vrk/kk)
Lämmityskausi	210 vrk	
Käyntiaika ennen	18 h/vrk	
Uusi käyntiaika	10 h/vrk	
Käyntiaikasuhde	0,7	(5/7 pv viikossa)
Kulutus ennen	195,6 MWh/a	
Kulutus jälkeen	108,6 MWh/a	
Säästö	86,9 MWh/a	

**Sähkö**

Tuloilma paineenkorotus	800 Pa	
Tuloilma hyötysuhde	0,40 oletettu	
Tuloilma moottoriteho	6 kW	
Poistoilma paineenkorotus	400 Pa	
Poistoilma hyötysuhde	0,40 oletettu	
Poistoilmakone moottori	3,0 kW	
Puhallinteho yhteensä	9,0 kW	
Käyntiaikaero	8 h/vrk	260 vrk/a
Säästö	18,7 MWh/a	

**Raportoitava säästö**

	<b>Lämpö</b>	<b>Polttoaineet</b>	<b>Sähkö</b>
<b>Investointi</b>	86,9 MWh/a	0 MWh/a	18,7 MWh/a
	euroa		
<b>Toimenpidetyyppi</b>	x ES	MI	YM

Kuva 3. 4B Ilmanvaihdon käyntiaikamuutos, energiansäästön laskentakaava ja taulukko [8, s. 34]

#### 4.3.3 Lämmöntalteenoton lisääminen ilmanvaihtojärjestelmään

Yksi tehokkaimmista energian säästökohteista on lämmöntalteenottojärjestelmän lisääminen ilmanvaihtojärjestelmään. Lämmöntalteenottojärjestelmällä talteen otetaan poistoilmasta lämpöenergiaa, jolla esilämmitetään tuloilmaa ennen varsinaista ilmanvaihtojärjestelmän lämmityspatteria. Lämmöntalteenotto pienentää ilmanvaihtojärjestelmän lämmitysenergian nettotarvetta. (kuva 4)

**Säästön laskentakaava**

Kulutus ennen (MWh/a) =

ilmavirta x ilman tiheys x ilman ominaislämpökapasiteetti x  
(sis.puh.lämpötila - ulkolämpötila) x käyntiaika h/vrk x käyntiaikasuhde x lämmityskausi x  
lämmön talteenoton vuosihyötysuhde / 1000

Puhallinmoottorien teho (kW) = (ilmavirta m<sup>3</sup>/s x paineenkorotus Pa) /  
(puhallinhyötysuhde x 1000),

Sähkötalon tarpeen lisäys lämmön talteenoton vuoksi 25 %

Sähköenergian kulutuksen lisäys (MWh/a) =

tulo- ja poisto puhallinmoottorien tehollisuus kW x käyntiaika h/vrk x käyntiaikasuhde x 365  
vrk/a

**Lämpö**

Ilmavirta	3,0 m <sup>3</sup> /s	
Tuloilman lämpötila	22 °C	
Ulkolämpötila	0 °C	lämmityskauden keskimäärä
Lämmityskausi	210 vrk	(7kk, 30 vrk/kk)
IV-käyntiaika	10 h/vrk	
Käyntiaikasuhde	0,7	(5/7 pv viikossa)
LTO-hyötysuhde	50 %	oletettu vuosihyötysuhde
Säästö	59,8 MWh/a	

**Sähkö**

Tuloilma paineenkorotus	600 Pa	
Tuloilma hyötysuhde	0,4	
Tuloilma moottoriteho	4,5 kW	
Poistoilma paineenkorotus	400 Pa	
Poistoilma hyötysuhde	0,35	
Poistoilmakone moottori	3,4 kW	
Puhallinteho yhteensä	7,9 kW	
Tehon lisäyskerroin	1,25	
Puhallinteho jälkeen	9,9 kW	
Säästö	-5,2 MWh/a	sähkön kulutus lisääntyy

**Raportoitava säästö**

	<b>Lämpö</b>	<b>Polttoaineet</b>	<b>Sähkö</b>
Investointi	59,8 MWh/a	0 MWh/a	-5,2 MWh/a
Toimenpidetyyppi	x ES	MI	YM

Kuva 4. Lämmöntalteenoton lisääminen ilmanvaihtojärjestelmään, energiansäästön laskentakaava ja taulukko [8, s. 36].

#### 4.4 Vedenjäähdytyskoneen korvaaminen kaukojäähdytyksellä

Kiinteistön vedenjäähdytyskoneistojen korvaaminen kaukojäähdytyksellä (kuva 5) voi tulla kyseeseen silloin kun kiinteistön olemassa olevat vedenjäähdytyskoneistot ovat teknisen käyttöikänsä päässä. Lisäksi jos kiinteistössä olevat vedenjäähdytyskoneistot



käyttävät sellaista kylmäainetta, joka on käyttökiellossa, tämä voi puoltaa uusimaan laitteistot. Esimerkiksi kylmäaine R22 tuli käyttökieltoon vuonna 2015. [19]

Vaihtoehto 2 (suositeltavampi, mutta lähtötieto usein vaikeampi saada):

Mitattua jäähdytysenergian vuosikulutusta vastaava VJK:n sähkönkulutus primäärienergiana = Mitattu jäähdytysenergian vuosi kulutus VJK jäähdytyksessä / COP (2,5) \* sähkön energiamuutokerroin (1,7)  
Kaukojäähdytyksen primäärienergiatarve mitatulle jäähdytysenergiatarpeelle = kaukolämmön energiamuutokerroin (0,4) \* mitattu jäähdytysenergian vuosikulutus VJK jäähdytyksessä

Molemmissa vaihtoehtoissa:

Säästö = Alkuperäinen VJK:n primäärienergiankäyttö - kaukojäähdytyksen primäärienergiankäyttö

#### Laskennan lähtötiedot (10B) vaihtoehto 2

##### Sähkö

VJK:n mitattu jäähdytysenergiankulutus	750 MWh/a	
Sähkön energiamuutok.	1,7	Tässä laskennassa vakiokerroin
Kylmäkerroin (COP)	2,5	Tässä laskennassa vakiokerroin
Jäähd. energ. kul. vastaava VJK sähkönkul. primäärienergiana	510 MWh/a	

##### Kaukojäähdytys

KJ energiamuutokerroin	0,4	Tässä laskennassa vakiokerroin
KJ primäärienergiatarve	300 MWh/a	
Säästö	210 MWh/a	

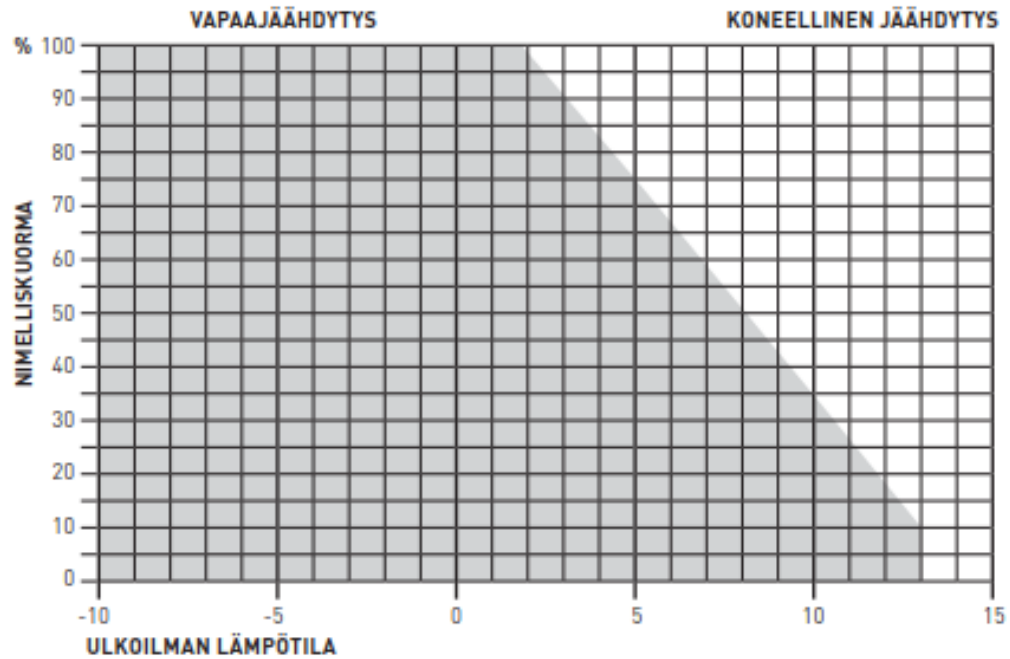
#### Raportoitava säästö

	Lämpö	Polttoaineet	Sähkö
Investointi	0,0 MWh/a	0 MWh/a	210 MWh/a
Toimenpidetyyppi	x ES	MI	YM

Kuva 5. Vedenjäähdytyskoneen korvaaminen kaukokylmällä, energiansäästön laskentakaava ja taulukko [8, s. 45]

#### 4.5 Vapaajäähdytyksen lisääminen kiinteistöön

Kiinteistön jäähdytyksen kuluttamaa ostoenergiaa voidaan pienentää lisäämällä kiinteistöön vapaajäähdytys. Vapaajäähdytyksessä hyödynnetään kylmää ulkoilmaa suoraan tai sopivan väliaineen kautta. Vapaajäähdytyksessä jäähdytysjärjestelmän jäähdytysvesi viilennetään kylmän ilman avulla. Vapaajäähdytyksessä energiaa kuluu selvästi vähemmän sähköenergiaa kuin kylmäkoneen kompressoreiden käytössä (kuva 6). Vapaajäähdytyksellä voidaan saavuttaa 35–75 %:in säästö sähköenergian kulutuksessa. [18]



Kuva 6. Vapaaäähdytyksen ja perinteisen mekaanisen jäähdytyksen suhde eri lämpötiloissa [17, s. 3]

#### 4.6 Kiinteistön pumppujen energiatehokkuuden parantaminen

Useissa eri kiinteistön taloteknisissä järjestelmissä on useita eritehoisia pumppuja. Pumppujen hyötysuhdetta parantamalla saadaan laskettua pumpun palvelemaan järjestelmän sähköenergian kulutusta.

Pumppujen vaihdosta syntyvä energiakulutuksen säästö voidaan laskea esimerkiksi kuvan 7 osoittamalla tavalla.

**Säästön laskentakaava:**

Säästö (MWh/a) =

$$(\text{ottoteho} - (\text{ottoteho} \times \text{vanha hyötysuhde}) / \text{uusi hyötysuhde}) \times \text{käyntiaika} / 1000$$
**Laskennan lähtötiedot**

Hyötysuhde ennen	80 %
Hyötysuhde uusi	90 %
Moottorin ottama teho	5,5 kW
Käyttötunnit vuodessa	8760 h
Säästö	5,4 MWh/a

**Raportoitava säästö**

	<b>Lämpö</b>	<b>Polttoaineet</b>	<b>Sähkö</b>
	0 MWh/a	0 MWh/a	5,4 MWh/a
<b>Investointi</b>	euroa		
<b>Toimenpidetyyppi</b>	x ES	MI	YM

Kuva 7. Sähkömoottorin uusiminen tehokkaammaksi laskentakaava ja taulukko [8, s.27]

## 5 Kiinteistön valaistusjärjestelmät

Kiinteistöissä valaistuksen energiankulutus on valaistusjärjestelmän käyttö- ja lepokus-tannuksien energiankulutuksen summa. Käyttökulutus on valaistuksen käytössä kuluva energiankulutusta. Se muodostuu valaistuksen valonlähteiden sekä liitälaitteiden kuluttamasta energiasta. Lepokulutus on valaistustilanteen ulkopuolella tapahtuvaa energiankulutusta, jota esimerkiksi ohjausjärjestelmän kuluttama teho on valaistustilanteen ulkopuolella. Valaistuksen energiankulutukselle on esitetty arviointimenetelmät standardissa SFS-EN 15193. [14]

Toimitilakiinteistön valaistusjärjestelmät voidaan jakaa karkeasti seuraaviin ryhmiin: työskentelyvalaistus, kulkuvalaistus, ulkovalaistus ja aluevalaistus. Edellä mainituista valaistusjärjestelmistä työskentelyvalaistus on useimmiten eniten energiaa kulutettava valaistusjärjestelmä, toisaalta se myös vaikuttaa eniten kiinteistössä työskenteleville yrityksille ja niiden tuottavuudelle. Näin ollen energiansäästöä ei pidä liioitella työtehokkuuden kustannuksella. Kiinteistön valaistusjärjestelmän potentiaalisia energiansäästökohteita ovat valaistuksen käyttöajan muutos ja valaistustehon muutos. [14]

## 5.1 Valaistuksen energiakustannuksien laskenta

Valaistuksen energiakustannukset lasketaan standardin SFS-EN 15193 mukaisesti. Kiinteistön valaistuksen kokonaisenergian kulutus lasketaan kaavalla 1. [20]

$$W_E = W_L + W_P \quad (1)$$

$W_E$  on valaistuksen kokonaisenergiakulutus (kWh/a)  
 $W_L$  on valaistuksen varsinainen kokonaisenergiakulutus (kWh/a)  
 $W_P$  on valaistuksen lepokulutus (kWh/a)

josta valaistuksen varsinainen kokonaisenergiakulutus  $W_L$  lasketaan kaavalla 2. [20]

$$W_L = \sum \frac{\{P_n \times [(t_D \times F_o \times F_D) + (t_N \times F_o)]\}}{1000} \quad (2)$$

$W_L$  on valaistuksen varsinainen kokonaisenergiakulutus (kWh/a)  
 $P_n$  on valaistukseen asennettu kokonaisteho (W)  
 $F_D$  on kerroin vakiovalonsäätö (taulukko 8), joka määräytyy rakennuskohteen mukaan potentiaalisen päivänvalon saatavuuden mukaisesti. Valaistuksessa käytetty vakiovalonsäätö pienentää valaistuksen keinovalon osuutta suhteessa saatavaan päivänvaloon valaistustilanteessa. Vakiovalonsäätöä on käsitelty luvussa 3.4.8  
 $F_o$  on kerroin läsnäolo-ohjaukselle (taulukko 8), joka määräytyy rakennuskohteessa tilan käyttöasteen mukaisesti. Läsnäolo-ohjausta on käsitelty luvussa 3.4.9  
 $t_D$  on käyttöaika, jolloin päivänvaloa on saatavilla (h)  
 $t_N$  on käyttöaika, jolloin käyttö tapahtuu pimeällä (h)  
 $1000$  on muunnoskerroin

Taulukko 1. Kokonaisenergiakulutuksen laskemiseen tarvittavat käyttöajat. [20]

Rakennustyyppi	Vuosittaiset käyttötuntien ohjeelliset arvot		Ohjausjärjestelmän kerroin		
	$t_D$	$t_N$	$F_D$		$F_O$
			Manuaalinen	Vakiovalo	Läsnäolo
Toimisto	2250	250	1,0	0,9	1,0
Oppilaitos	1800	200	1,0	0,8	0,9
Sairaala	3000	2000	1,0	0,8	0,8
Hotelli	3000	2000	1,0	1,0	0,7
Ravintola	1250	1250	1,0	0,9	1,0
Urheilutila	2000	2000	1,0	1,0	1,0
Tukku- ja vähittäiskauppa (liike-tila)	3000	2000	1,0	0,9	1,0
Tuotantolaitos	2500	1500	1,0	1,0	1,0

Kiinteistön valaistuksen energiankulutus lepo tilanteessa eli lepokulutus lasketaan kaavalla 3 seuraavasti:

$$W_p = \sum \frac{(P_{pc} \times t_y)}{1000} \quad (3)$$

$W_p$  on valaistuksen lepokulutuksen kokonaisenergiakulutus (kWh/a). Lepokulutuksella tarkoitetaan varsinaisen valaistustilanteen ulkopuolella tapahtuvaa energiankulutusta

$P_{pc}$  on valaistusohjausjärjestelmään kuluva teho silloin kun valaistus ei ole käytössä (W)

$t_y$  on aika, jolloin valaistus ei ole käytössä (h).  $t_y$  on  $8760 - (t_D + t_N)$

1000 on muunnoskerroin

## 5.2 Valaistuksen käyttöajan muutos

Valaistuksen käyttöaikoja järjeistämällä on mahdollista saada merkittävää energian säästöä. Lisäksi valaistuksen ohjauksia optimoimalla esimerkiksi aikaohjelman tai läsnäolotiedon ohjattavaksi voidaan käyttäjästä johtuva energian tuhlaus välttää. Tarpeenmukaisella valaistuksenohjauksella vältetään käyttäjän virheeltä jättää valaistus yöksi tai viikonlopuksi päälle. Kiinteistön valaistuksenohjaus voidaan toteuttaa erilaisilla ohjausjärjestelmillä, joita ovat esimerkiksi vakiovalo-, läsnäolo-, poissaolo-, tilanne-, hämärä- ja

kellokytkinohjaus. Valonsäätö- ja ohjaus voidaan toteuttaa tilaan yksittäisillä ohjausjärjestelmillä tai niiden yhdistelmillä.

Karkea valaistuksen käyttöajan muutoksesta saatava energiansäästö voidaan laskea esimerkiksi kuvan 8 osoittamalla tavalla.

#### Säästön laskentakaava

Säästö (MWh/a) =  
valaistuksen ottama teho x (päivittäinen käyttöaika ennen - käyttöaika jälkeen) x  
työpäivien määrä

#### Laskennan lähtötiedot

Valaistusteho	8 kW
Käyttöaika ennen	15 h/vrk
Uusi käyttöaika	10 h/vrk
Työpäivien lkm	250 vrk/a
Säästö	10,0 MWh/a

#### Raportoitava säästö

##### Lämpö

0 MWh/a

##### Polttoaineet

0 MWh/a

##### Sähkö

10 MWh/a

#### Investointi

euroa

#### Toimenpidetyyppi

x ES

MI

YM

Kuva 8. Valaistuksen käyttöajan muutoksen laskentakaava ja taulukko [8, s. 31]

### 5.3 Valaistustehon muutos

Kiinteistön valonlähteiden vaihtamisella teholtaan pienempiin voidaan pienentää sähkön ostoenergian suuruutta (kuva 9).

**Säästön laskentakaava:**

Säästö (MWh/a) =

(valaistuksen ottama teho ennen - teho jälkeen) x päivittäinen käyttöaika x työpäivien määrä

**Laskennan lähtötiedot**

Teho ennen	5 kW
Uusi teho	2 kW
Päivittäinen käyttöaika	10 h/vrk
Työpäivien lkm	250 vrk/a
Säästö	7,5 MWh/a

**Raportoitava säästö****Lämpö**

0 MWh/a

euroa

x ES

**Polttoaineet**

0 MWh/a

MI

**Sähkö**

7,5 MWh/a

YM

**Investointi****Toimenpidetyyppi**

Kuva 9. Valaistustehon muutoksen laskentakaava ja taulukko [8, s. 32]

## 6 Huollon ja kunnossapidon vaikutus kiinteistön energiankulutukseen

Maankäyttö- ja rakennusasetuksen 66 §:n 1 momentti velvoittaa laatimaan uudelle kiinteistölle käyttö- ja huolto-ohjeen, lisäksi jos olemassa olevaan kiinteistöön tehdään rakennusluvan alaisia töitä, tulee tällöin laatia kiinteistölle huoltokirja. Huoltokirjan tarkoituksena on ohjata käyttämään ja huoltamaan kiinteistöä oikein. [16]

Kiinteistön taloteknistenjärjestelmien käytöllä ja huollolla on vaikutusta kiinteistön energiankulutukseen. Väärillä säätö- ja huoltotoimenpiteillä voidaan saada aikaan energiankulutuksen merkittävää kasvua. Kiinteistön käytöllä ja huollolla voi olla vaikutusta kiinteistön laskennalliseen energiankulutukseen -10...+20 %. Säästöä voidaan saada säätökäyrrää, asetusarvoja ja aikaohjelmia optimoimalla. Lisäksi laitteiden kunnossapito vaikuttaa kiinteistön energian kulutukseen. Rikkinäinen säätölaite voi aiheuttaa turhaa energian haaskausta. [10]

Säännöllisellä lämmön, sähkön ja veden kulutuksen seurannalla on mahdollista varmistua järjestelmien oikeasta toiminnasta sekä järkevästä käytöstä. Lisäksi kulutusseuranta mahdollistaa kiinteistön vertailun muihin verrokki kiinteistöihin.

## 7 Laskentapohjan laadinta

Laskentapohjan alustaksi valittiin Microsoft Excel -taulukkolaskentaohjelma. Laskentapohjan periaatteena oli luoda rakenteeltaan mahdollisimman yksinkertainen laskuri. Tarkoituksena oli luoda lähtötiedoille oma syöttösivu. Lähtötietosivulta ilmenevät energialaskelmiin tarvittavat lähtötiedot (kuva 10). Lähtötiedot-sivu toimii kohdekäynnillä muistilistana tarvittavien laskennan lähtötietojen selvityksessä. Laskentapohjan käyttötarkoitus on toimia alustavana työkaluna kiinteistöjen energiatehokkuuden kartoittamisessa. Sillä ei ole tarkoitus tuottaa tarkkoja laskelmia. Laskentapohjan avulla saadaan tuotettua alustavia arvoja, joiden perusteella kiinteistön kehittämistä voidaan perustella ja jatkaa tarkemmalla tasolla. Saatujen laskelmien avulla voidaan ohjata suunnittelua sekä hankintaa.

24	<b>Ilmanvaihtojärjestelmät</b>						
25	Koneen tai laitteen tunnus	TK1	TK2	TK3	TK4	TK5	TK6
26	Ilmavirta, nykyinen	3	3	3	3	3	3
27	Ilmavirta, uusi	3	3	3	3	3	3
28	Tuloilman lämpötila, nykyinen	22	22	22	22	22	22
29	Tuloilman lämpötila, uusi	20	20	20	20	20	20
30	Ulkolämpötila	0	0	0	0	0	0
31	Lämmityskausi	210	210	210	210	210	210
32	IV-käyntiaika, nykyinen	10	10	10	10	10	10
33	IV-käyntiaika, uusi	8	8	8	8	8	8
34	Käyntiaikasuhde	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
35	LTO-hyötysuhde, nykyinen	50	50	50	50	50	50
36	LTO-hyötysuhde, uusi	50	50	50	50	50	50
37	Tuloilma paineenkorotus	600	600	600	600	600	600
38	Tuloilma hyötysuhde	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
39	Tuloilma moottoriteho	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
40	Poistoilma paineenkorotus	400	400	400	400	400	400
41	Poistoilma hyötysuhde	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
42	Poistoilma moottori	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4
43	Puhallinteho yhteensä	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9
44	Tehonlisäys kerroin	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
45	Puhallinteho jälkeen	9,875	9,875	9,875	9,875	9,875	9,875
46	Käyntiaikaero	2	2	2	2	2	2
47							

Kuva 10. Kuvankaappaus laskentapohjan lähtötietosivulta ja sen sisällöstä.

Laskentapohjan rakenteessa seuraavana on itse laskentasivu. Laskentasivu viittaa lähtötieto sivulta laskelmiin tarvittavat tiedot (kuva 11). Itse laskentasivulle ei laskentapohjan käyttäjän tarvitse syöttää lukuja.



63	Ilmanvaihdon käyntiajan muutos						
64							
65	Lähtötiedot						
66	LÄMPÖ						
67	Koneen tunnus	TK1	TK2	TK3	TK4	TK5	TK6
68	Ilmavirta, m <sup>3</sup> /s	3	3	3	3	3	3
69	Tuloilman lämpötila, °C	22	22	22	22	22	22
70	Ulkolämpötila, °C	0	0	0	0	0	0
71	Lämmityskausi, vrk	210	210	210	210	210	210
72	IV-käyntiaika nykyinen, h/vrk	10	10	10	10	10	10
73	IV-käyntiaika uusi, h/vrk	8	8	8	8	8	8
74	Käyntiaikasuhde	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
75	Kulutus ennen, MWh/a	118,8	118,8	118,8	118,8	118,8	118,8
76	kulutus jälkeen, MWh/a	95,1	95,1	95,1	95,1	95,1	95,1
77	Säästö, MWh/a	23,8	23,8	23,8	23,8	23,8	23,8
78	SÄHKÖ						
79	Tuloilman paineenkorotus, Pa	600	600	600	600	600	600
80	Tuloilman hyötysuhde, oletus	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
81	Tuloilman moottoriteho, kW	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
82	Poistoilman paineenkorotus, Pa	400	400	400	400	400	400
83	Poistoilman hyötysuhde, oletus	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
84	Poistoilmakone moottori, Kw	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4
85	Puhallinteho yhteensä, Kw	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9
86	Käyntiaikaero, h/vrk	2	2	2	2	2	2
87	Säästö, MWh/a	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
88							

Kuva 11. Kuvankaappaus laskentapohjan laskentasisivulta ja sen sisällöstä

Viimeisenä osana ovat lopputulokset ja tulostesivu. Lopputulokset ja tulostesivulle viitataan lähtötiedoista kohdalta kohteen tiedot sekä laskentasisivu kohdalta laskelmien tulokset. Lopputuloksesivulle ei välttämättä tarvitse syöttää käyttäjän itse mitään.

## 8 Yhteenveto

Opinnäytetyössä tutkittiin yleistä teoriaa kiinteistöjen energiatehokkuuden kehittämisestä ja optimoinnista. Tutkimustyön tuloksena saatiin koottua ohjeistus potentiaalisista taloteknisistä energiansäästökohteista. Tavoitteena oli kartoittaa ja luoda raamit energiaselvityksiä varten. Laadittu aineisto luo edellytykset jatko kehittää energiaselvityksen dokumentaatiota ja laskentaa yrityksen sisällä.

Kiinteistöjen energiatehokkuutta tarkastellessa suurimpana haasteena on hankkia tarvittavat laskennan lähtötiedot. Lähtötietojen lisäksi kiinteistön käyttöhistorian ja energiankulutustietojen saatavuus voivat olla haasteellisia saada käyttöön. Varsinkin energiankulutustiedot ohjaavat ja antavat tietoa siitä, onko kiinteistössä ylimitoitusta energian tilausvirroissa.

Laaditun laskentapohjan avulla pystytään tuottamaan helposti ja nopeasti karkean tason energiansäästölaskelma kiinteistön taloteknisistä järjestelmistä. Säästölaskenta-työkalun avulla voidaan esittää kiinteistön omistajalle mahdolliset energiansäästökohteet. Laskelmien perusteella kiinteistön omistaja voi päättää, jatketaanko energiaselvityksiä tarkemmalla tasolla. Laskelmista ilmenee muutoksien kustannusarvio sekä korollinen takaisinmaksu aika. Laskentapohjan toimintaa ei opinnäytetyöprosessin aikana keritty testaamaan todellisen kiinteistön kanssa, laskentapohjan toiminta kuitenkin testattiin simuloimalla Motivan ohjeistuksen [8] esimerkkiarvoilla.

Energiatehokkuuteen panostamalla voidaan saavuttaa merkittäviä taloudellisia säästöjä. Jos kiinteistöjen saneerauksien hankintaa ohjaa vain ja ainoastaan halvin investointihinta, voivat kiinteistön käytönaikaiset energiakustannukset jäädä täysin huomioimatta. Hankintoja suorittavien henkilöiden tulisi siis ottaa huomioon tarjouksien vertailuperusteissa käytönaikaisten energiakustannuksien vaikutus kokonaistaloudellisuuteen.

## Lähteet

- 1 Rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus ja muutostöissä. 2012. Ympäristöministeriön asetus. Helsinki: ympäristöministeriö.
- 2 Rakennusten energiatehokkuutta koskeva lainsäädäntö. 2013. Verkkodokumentti. Ympäristöministeriö. < [http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto\\_ja\\_rakentaminen/Lainsaadanto\\_ja\\_ohjeet/Rakennuksen\\_energiatehokkuutta\\_koskeva\\_lainsaadanto](http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Rakennuksen_energiatehokkuutta_koskeva_lainsaadanto)>. Päivitetty 6.3.2017. Luettu 5.4.2017.
- 3 Toukokuun KTI Kiinteistöisku: Kiinteistöjen ylläpitokustannusindeksit. 2016. Verkkodokumentti. KTI Kiinteistötieto Oy. <<https://kti.fi/toukokuun-kti-kiinteistotietoisku-kiinteistojen-yllapitokustannusindeksit/>>. Julkaistu 29.4.2016. Luettu 8.4.2017.
- 4 Kallava, H., Lahtinen, R., Sundbäck, L., Niemi, J. 2011. Kiinteistöjen eko- ja energiatehokkuuden mittarit ja tunnusluvut. KTI Kiinteistötieto Oy.
- 5 Petra Teräntö. Maailman paras toimisto rakenteilla Kalifornian piilaaksoon. 2016. Verkkodokumentti. <<https://www.matchoffice.fi/uutiset/maailman-paras-toimistorakenteilla-kalifornian-piilaaksoon-1233/>>. Julkaistu 16.2.2016. Luettu 8.4.2017.
- 6 Lappalainen, Markku. 2010. Energia- ja ekologiakäsikirja. Suunnittelu ja rakentaminen. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- 7 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. 2012. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa D2. Helsinki: ympäristöministeriö.
- 8 Energiansäästötoimet energiatehokkuussopimuksissa. Säästölaskennan yleisiä pelisääntöjä. 2012. Työ- ja elinkeinoministeriö, Motiva ja ins. tsto Granlund.
- 9 Rakennusten energiatehokkuus. 2012. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa D3. Helsinki: ympäristöministeriö.
- 10 Virta, Jari., Pylsy, Petri. 2011. Taloyhtiön energiakirja. Helsinki: Kiinteistöalan Kustannus Oy
- 11 Energiatehokkuus rakentamisessa, tiedonjyvä. 2010. LVI 02-40078. Rakennustieto Oy
- 12 Korjaustoimien vaikutuksia asuinkerrostalon todelliseen energiankulutukseen, tiedonjyvä. 2014. LVI 02-40088. Rakennustieto Oy
- 13 Kiinteistön tekniset käyttöiät ja kunnossapitajakset, ohje. 2008. LVI 01-10424. Rakennustieto Oy

- 14 Valaistusjärjestelmät. Verkkodokumentti. Sähköala.fi. [http://www.sahkoala.fi/kiinteistoala/sahkojarjestelmat/fi\\_FI/Valaistusjari/](http://www.sahkoala.fi/kiinteistoala/sahkojarjestelmat/fi_FI/Valaistusjari/). Luettu 10.4.2017.
- 15 Petri Forsell. 2014. Vedetön pisuaari valtaa vessat. Verkkodokumentti. Tiede.fi. <[http://www.tiede.fi/artikkeli/jutut/artikkelit/vedeton\\_pisuaari\\_valtaa\\_vessat](http://www.tiede.fi/artikkeli/jutut/artikkelit/vedeton_pisuaari_valtaa_vessat)>. Luettu 10.4.2017.
- 16 Rakennuksen käyttö- ja huolto-ohje, säännöstiedosto. 2000. LVI RakMK-00234. Rakennustieto Oy
- 17 Vapaajäähdytys suunnittelijan käsikirja. Verkkodokumentti. Onninen Oy. <[http://www.xn--vapaajhdytys-lcba.fi/ladattavat/onninen\\_suunnittelijan\\_net.pdf](http://www.xn--vapaajhdytys-lcba.fi/ladattavat/onninen_suunnittelijan_net.pdf)>. Luettu 10.4.2017
- 18 Vapaajäähdytys, ohje. 1989. LVI 61-10151. Rakennustieto Oy
- 19 R22-kylmäaine käyttökieltoon. Verkkodokumentti. 2014. Insinööritoimisto Äyräväinen Oy. <<https://www.ayravainen.fi/2014/10/r22-kylmaaine-kayttokieltoon/>>. Julkaistu 29.10.2014. Luettu 10.4.20
- 20 SFS-EN 15193. Rakennusten energiatehokkuus. Valaistuksen energiatehokkuus. 2008. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto

## Liite 1. Laskentamallin lähtötiedot näkymä

## Laskennan lähtötiedot

Kohde:	Esimerkkihanke 1
Osoite:	Esimerkkikatu 2, 00100 Helsinki
Päivämäärä:	1.1.2017
Laskenta-aika (vuosina)	
Vuotuinen todellinen korko	
Vuotuinen energian hinnan nousu inflaation lisäksi	
Sähköenergian hinta	

## Pumput

Tunnus	esim 1.1.	esim 1.1.	esim 1.1.	esim 1.1.	esim 1.1.	esim 1.1.
Merkki/Malli nykyinen	malli 1.1.	malli 1.1.	malli 1.1.	malli 1.1.	malli 1.1.	malli 1.1.
Merkki/Malli ehdotus	malli 1.1.	malli 1.1.	malli 1.1.	malli 1.1.	malli 1.1.	malli 1.1.
Teho, nykyinen, kW	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5
Teho, ehdotus, kW	4	4	4	4	4	4
Hyötysuhde, nykyinen	80	80	80	80	80	80
Hyötysuhde, ehdotus	90	90	90	90	90	90
Käyttötunnit, nykyinen, h	8760	8760	8760	8760	8760	8760
Käyttötunnit, ehdotus	8760	8760	8760	8760	8760	8760

## Valaistuslaskenta

Tilan tai lohkon tunnus	Kerros 1	Kerros 2	Kerros 3	Kerros 4	Kerros 5	Kerros 6
Valaistusteho nykyinen, kW	8	8	8	8	8	8
Valaistusteho ehdotus, kW	6	6	6	6	6	6
Käyttöaika, nykyinen, h/vrk	15	15	15	15	15	15
Käyttöaika, ehdotus, h/vrk	10	10	10	10	10	10
Työpäivien lkm, vrk/a	250	250	250	250	250	250

## Ilmanvaihtojärjestelmät

Koneen tai laitteen tunnus	TK1	TK2	TK3	TK4	TK5	TK6
Ilmavirta, nykyinen	3	3	3	3	3	3
Ilmavirta, uusi	3	3	3	3	3	3
Tuloilman lämpötila, nykyinen	22	22	22	22	22	22
Tuloilman lämpötila, uusi	20	20	20	20	20	20
Ulkolämpötila	0	0	0	0	0	0
Lämmityskausi	210	210	210	210	210	210
IV-käyntiaika, nykyinen	10	10	10	10	10	10
IV-käyntiaika, uusi	8	8	8	8	8	8
Käyntiaikasuhde	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
LTO-hyötysuhde, nykyinen	50	50	50	50	50	50
LTO-hyötysuhde, uusi	50	50	50	50	50	50
Tuloilma paineenkorotus	600	600	600	600	600	600
Tuloilma hyötysuhde	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Tuloilma moottoriteho	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
Poistoilma paineenkorotus	400	400	400	400	400	400
Poistoilma hyötysuhde	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Poistoilma moottori	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4
Puhallinteho yhteensä	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9
Tehonlisäys kerroin	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
Puhallinteho jälkeen	9,875	9,875	9,875	9,875	9,875	9,875
Käyntiaikaero	2	2	2	2	2	2

## Liite 2. Laskentamallin laskenta näkymä

### Pumpun uusiminen tehokkaammaksi

Lähtötiedot		SÄHKÖ					
Tunnus	esim 1.1.	esim 1.1.	esim 1.1.	esim 1.1.	esim 1.1.	esim 1.1.	
Merkki/Malli nykyinen	malli 1.1.	malli 1.1.	malli 1.1.	malli 1.1.	malli 1.1.	malli 1.1.	
Merkki/Malli ehdotus	malli 1.1.	malli 1.1.	malli 1.1.	malli 1.1.	malli 1.1.	malli 1.1.	
Teho, nykyinen, kW	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5
Teho, ehdotus, kW	4	4	4	4	4	4	4
Käyttötunnit, nykyinen, h	8760	8760	8760	8760	8760	8760	8760
Käyttötunnit, ehdotus	8760	8760	8760	8760	8760	8760	8760
Kulutus nykyinen	48180	48180	48180	48180	48180	48180	48180
Kulutus, uusi	35040	35040	35040	35040	35040	35040	35040
Säästö kWh/a	13140	13140	13140	13140	13140	13140	13140
Säästö MWh/a	13,14	13,14	13,14	13,14	13,14	13,14	13,14

### Valaistustehon muutos

Lähtötiedot		SÄHKÖ					
Tilan tai lohkon tunnus	Kerros 1	Kerros 2	Kerros 3	Kerros 4	Kerros 5	Kerros 6	
Valaistusteho nykyinen, kW	8	8	8	8	8	8	8
Valaistusteho ehdotus, kW	6	6	6	6	6	6	6
Käyttöaika, nykyinen, h/vrk	15	15	15	15	15	15	15
Työpäivien lkm, vrk/a	250	250	250	250	250	250	250
Säästö, kWh/a	7500	7500	7500	7500	7500	7500	7500
Säästö, MWh/a	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5

### Valaistuksen käyttöajan muutos

Lähtötiedot		SÄHKÖ					
Tilan tai lohkon tunnus	Kerros 1	Kerros 2	Kerros 3	Kerros 4	Kerros 5	Kerros 6	
Valaistusteho nykyinen, kW	8	8	8	8	8	8	8
Käyttöaika, nykyinen, h/vrk	15	15	15	15	15	15	15
Käyttöaika, ehdotus, h/vrk	10	10	10	10	10	10	10
Työpäivien lkm, vrk/a	250	250	250	250	250	250	250
Säästö, kWh/a	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Säästö, MWh/a	10	10	10	10	10	10	10

### Ilmanvaihdon lämpötila-asetusten muutos

Lähtötiedot		LÄMPÖ					
Koneen tunnus	TK1	TK2	TK3	TK4	TK5	TK6	
Ilmavirta, m <sup>3</sup> /s	3	3	3	3	3	3	3
Tuloilman lämpötila, °C	22	22	22	22	22	22	22
Uusi lämpötila, °C	20	20	20	20	20	20	20
Ulkolämpötila, °C	0	0	0	0	0	0	0
Lämmityskausi, vrk	210	210	210	210	210	210	210
IV-käyntiaika, h/vrk	10	10	10	10	10	10	10
Käyntiaikasuhde	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Kulutus ennen, MWh/a	116,424	116,424	116,424	116,424	116,424	116,424	116,424
kulutus jälkeen, MWh/a	105,84	105,84	105,84	105,84	105,84	105,84	105,84
Säästö, MWh/a	10,6	10,6	10,6	10,6	10,6	10,6	10,6

### Ilmanvaihdon käyntiajan muutos

Lähtötiedot		LÄMPÖ					
Koneen tunnus	TK1	TK2	TK3	TK4	TK5	TK6	
Ilmavirta, m <sup>3</sup> /s	3	3	3	3	3	3	3
Tuloilman lämpötila, °C	22	22	22	22	22	22	22
Ulkolämpötila, °C	0	0	0	0	0	0	0
Lämmityskausi, vrk	210	210	210	210	210	210	210
IV-käyntiaika nykyinen, h/vrk	10	10	10	10	10	10	10
IV-käyntiaika, uusi, h/vrk	8	8	8	8	8	8	8
Käyntiaikasuhde	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Kulutus ennen, MWh/a	118,8	118,8	118,8	118,8	118,8	118,8	118,8
kulutus jälkeen, MWh/a	95,1	95,1	95,1	95,1	95,1	95,1	95,1
Säästö, MWh/a	23,8	23,8	23,8	23,8	23,8	23,8	23,8
		SÄHKÖ					
Tuloilman paineenkorotus, Pa	600	600	600	600	600	600	600
Tuloilman hyötysuhde, oletus	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Tuloilman moottoriteho, kW	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
Poistoilma paineenkorotus, Pa	400	400	400	400	400	400	400
Poistoilma hyötysuhde, oletus	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Poistoilmakone moottori, Kw	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4
Puhallintohtorahtaus, Kw	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9
Käyntiaikaero, h/vrk	2	2	2	2	2	2	2
Säästö, MWh/a	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0